

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：32661

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23700171

研究課題名(和文) マルチモデルに基づく都市シミュレーションプラットフォーム

研究課題名(英文) City Simulation Integration Platform for Different Abstraction Level and Various Domains

研究代表者

中島 悠 (NAKAJIMA, Yuu)

東邦大学・理学部・講師

研究者番号：50554979

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円、(間接経費) 990,000円

研究成果の概要(和文)：異なるモデルに基づくシミュレータを都市シミュレータとして統合し、応用分野のそれぞれで蓄積されてきたシミュレータの利活用を促進することを目標に研究を実施した。本研究では、多様なモデルを扱うシミュレーションを実施するために、異なる抽象度のモデルと異なる問題領域のモデルを扱えるシミュレーションアーキテクチャを提案した。また、シミュレータの利活用を促進するため、マルチエージェントシミュレーションと連携するオンラインゲーミングシステムを開発した。

研究成果の概要(英文)：This research aims to integrate simulations which are based on different models in to a city simulation and enhance reusability of simulators which are accumulated in each application area.

We proposed simulation integration architectures that offer different levels of abstraction and cover various target domains. Additionally, we developed an online gaming system which was able to connect with multiagent simulation.

研究分野：知能情報学

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：マルチエージェントシミュレーション シミュレーション基盤 参加型シミュレーション ゲーミング
エージェント技術 都市シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

認知科学，社会学，都市工学などにおける人間行動に関する知見の蓄積と，情報科学分野における人工知能，マルチエージェントシミュレーション(MABS)における技術開発によって，都市シミュレーションが実施できるようになってきた。平成20年度技術戦略マップローリング事業第4章では，「社会システムのモデリング・シミュレーション技術分野のアカデミック・ロードマップ」が公開され，現在，都市に関するシミュレーションは，都市設計に関する新しい方法論や新しいメディアとして期待されている。

都市シミュレーションは，都市における車やモノの流れだけではなく，広くはヒートアイランドのような気候の変動，狭くはある施設内での人の動きなど，その対象は多岐にわたる。それらの各々の現象に関して，分析/予測のためのシミュレータが作られてきているが，都市で発生する多くの現象を横断的に扱うシミュレーションの研究は多くない。

本研究は，これまで国内外でシミュレータという形で蓄積されてきた諸分野の知識を，統合型の都市シミュレータという形で活用することを目指すものである。

2. 研究の目的

都市に関するシミュレーションを実施する場合，都市の様々な側面を扱うことになるため，異なるパラダイムの環境モデル・意志決定モデルが用いられ，それぞれのモデルのためのシミュレータが実装されてきた。

本研究の目的は，異なるモデルに基づくシミュレータを都市シミュレータとして統合する環境を実現することである。さらに，応用分野のそれぞれで蓄積されてきたシミュレータを利活用することである。

3. 研究の方法

多様な現象を扱う都市シミュレーション環境を統合し活用することが本研究の目的である。例えば，大規模災害発生時の都市のシミュレーションを適用例としてあげる。この時，災害時に車がどこにいるか(交通シミュレーション)，災害の情報に対して人はどう反応するか(避難シミュレーション)，病院でのベッドの占有率はどう変動するか(医療シミュレーション)，どの地域にどの様な属性の人がどのくらいの数だけ住んでいるか(人口動態シミュレーション)といった要素を扱うことが必要になる。この様な各応用分野において蓄積されてきたシミュレータ群を統合し活用できる環境を実現するため，本研究では以下の方法を取る。

(1) 統合シミュレーションアーキテクチャの検討

統合シミュレーションアーキテクチャは，既存のマルチエージェントシミュレータや新規に作成されるマルチエージェントシミ

ュレータを，独立性を保ちながら簡易に統合するためのものである。

本研究では，シミュレーションの差異を問題領域と抽象度の観点から捉える。

都市における人々の行動は，関連するそれぞれの領域で解釈される。例えば，病院への移動という行動は，交通の観点からは車両の移動として，疫病の観点からは病院における感染者と非感染者の接触として解釈される。この様に，同じ行動でも問題領域により異なる解釈がされ，モデル化される。

また，都市における人々の行動は，異なる抽象度でモデル化される。広域交通を扱う場合には，ネットワーク上を物体が移動するような抽象度の高い形でモデル化され，局所交通を扱う場合には，運転者が道路上で観測/操作を行うような抽象度の低い形でモデル化される。この様に，同じ行動でも抽象度の異なるモデル化がされる。

本研究では，異なるモデルを扱うシミュレータの統合に焦点をあて，以下の要件を満たすアーキテクチャを検討する。

・シミュレータの独立性

異なる問題領域のシミュレータは，通常はそれぞれの問題領域で使われる。これらを統合することで複数の問題領域を扱うシミュレーションを行う場合，シミュレータの独立性が保たれていることが望ましい。

・インタラクションの簡潔性

異なる問題領域のシミュレーションを統合する場合，それぞれの専門分野の専門家はそれぞれのシミュレータのみに精通している。シミュレータ内部の詳細を知らずに，複数のシミュレータを簡潔にインタラクションさせる必要がある。

(2) シミュレータを利活用するゲーミングシミュレーション環境の構築

マルチエージェントシミュレーションを利活用する有力な方法の一つとして，ゲーミングシミュレーションがある。ゲーミングシミュレーションは，マルチエージェントシミュレーション上の一部のエージェントを被験者が代行することで実施される。ゲーミングシミュレーションにより，人間の意志決定を分析するための実験を実施したり，被験者のトレーニングをしたりすることができる。

本研究では，シミュレータの利活用を促進する環境という位置づけで，マルチエージェントシミュレーションと連携可能なオンラインゲーミングシミュレーションシステムを構築する。

この環境では，応用問題のドメイン知識を有する人々が，エージェント間のインタラクションを含むゲームのモデルを実験シナリオとして記述する。これにより，これまで情報科学の専門家やプログラマーが存在しなければ実施が難しかった参加型のシミュレーションを，情報科学の非専門家の研究者やフィールドワーカーが実施できるようにする。

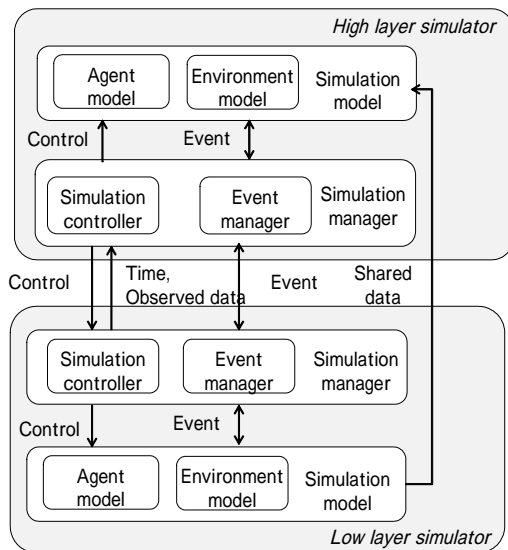


図 1 レイヤ統合のアーキテクチャ

4. 研究成果

(1) 統合シミュレーションアーキテクチャの提案

本研究では、多様なモデルを扱うシミュレーションを実施するために、シミュレータを外側から制御する枠組みを導入し、異なる抽象度のモデルと異なる問題領域のモデルを扱えるシミュレーションアーキテクチャを二つ提案した。

レイヤ統合アーキテクチャ

都市における人々の行動は、異なる抽象度で解釈される。例えば、地点 A から地点 B への車両の移動を考えると、物体がネットワークの上を流れるような高い抽象度で解釈する事もあるし、運転者が道路の形状や周辺車両の状況を観測してハンドルやアクセルの操作を決定し車両を移動させるような低い抽象度で解釈することもある。この様な、抽象度の異なるシミュレーションを統合するものがレイヤ統合アーキテクチャ(図 1)である。

抽象度の異なるそれぞれのシミュレーションは、抽象度の高い観点からは同一の現象を扱っていることになる。また、同一の現象を扱っていることから、シミュレータの間では、関連の強いデータが存在する。そこで、抽象度の高い上位レイヤから抽象度の低い下位レイヤを制御し、両シミュレータの接点となるデータを共有するレイヤ状の統合をした。

抽象度の異なるシミュレータの連携では、抽象度の高いシミュレータが抽象度の低いシミュレータを呼び出す関係になる。抽象度が異なるだけで同一の現象を扱っているシミュレータを統合する際には、両シミュレータで扱う一部のデータに強い関係が生じる。そこで、上位レイヤから下位レイヤを呼び出し、一部のデータを共有するレイヤ状の統合が適切である。この統合方式では、共有する情報を綿密に制御できるが、シミュレータ間

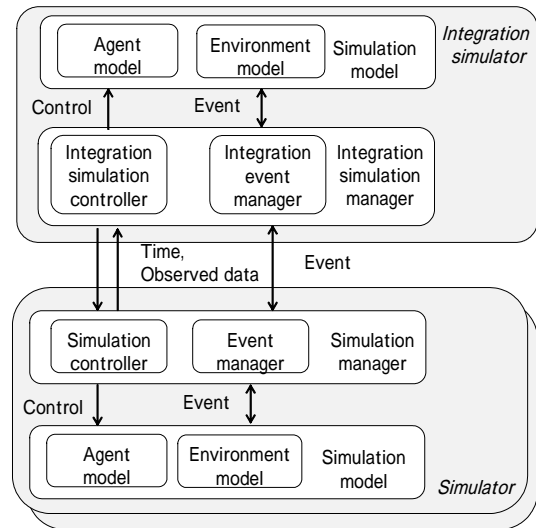


図 2 外部シミュレータ統合のアーキテクチャ

の結合度は高くなる。

外部シミュレータ統合アーキテクチャ

都市における人々の行動は、関連するそれぞれの領域で解釈される。例えば、病院への移動という行動は、交通の観点からは車両の移動として、疫病の観点からは病院における感染者と非感染者の接触として解釈される。このような異なる領域の問題を対象とした複数のシミュレータを統合する場合を考える。

対象となる問題領域の異なるシミュレーションの統合では、シミュレーション間の関連は弱く、共有されるデータも少ない。多様なシミュレータとの結合を考えると、シミュレータ間の結合は疎結合であることが望ましい。そこで、外部の統合シミュレータを使って連携するアーキテクチャ(図 2)とした。

問題領域の異なるシミュレーションの統合では、対象や場所の異なるシミュレーションが統合される。この場合、シミュレーションのデータや進行プロセスはそのシミュレータに強く結びつき、シミュレータ間には比較的弱い関係しか生じない。そこで、シミュレーション間の作用をイベントに限定した統合が適切である。この場合、シミュレーション間の作用を詳細に制御することはできないが、シミュレータ間の結合度は低くなる。

(2) 電気自動車と電力流通に関するシミュレーションの実施

提案した統合シミュレーションアーキテクチャの有用性を示すため、電気自動車(EV: Electronic Vehicle)が都市交通と都市電力流通に与える影響を模擬するマルチエージェントシミュレーションを実施した。

独立した交通シミュレータと電力シミュレータを統合することで作られたこのシミュレータは、都市内を移動する電気自動車の施設からの充電および施設への放電が、都市電力流通にどのような変化をもたらすかを

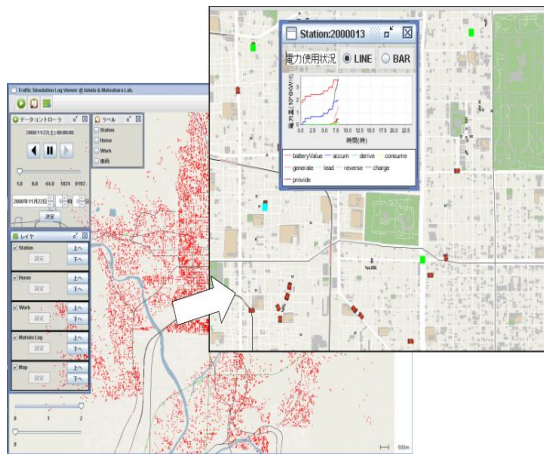


図 3 電気自動車の移動と電力流通に関するシミュレーションのスクリーンショット

調べるものである(図 3)。

統合シミュレーションの中で、交通シミュレータは、個々の移動者に関して出発地点から目的地へ到る経路の計算とその経路上の運転の計算をした。また、電力流通シミュレータは、個々の電力設備に関して電力消費の計算と系統電力からの引き込み量や系統電力への逆潮流量の計算をした。統合シミュレータは、電気自動車の充電施設への到着/充電施設からの出発といったイベントを受け取り、電気自動車の充放電に関する処理をした。

(3) オンラインゲーミングシミュレーション環境の構築

シミュレータの利活用を促進するため、マルチエージェントシミュレーションと連携可能なオンラインゲーミングシミュレーション環境を構築した。

このシステムでは、主にゲームの定義(ゲームシナリオ)を記述するだけで、多人数がシミュレーションに参加するオンラインゲーミングが実施できる。

本研究で開発した、マルチエージェントゲーミング基盤を MAGCruise (Multiagent Gaming Cruise) と名付け Web 上で公開した。この環境は、ゲームのシナリオを作成するための開発機能、ゲームの保管/共有とゲームの実施をするためのゲーム管理機能、ゲームの参加者を管理するユーザ管理機能などを備えている。

ゲーミング環境は、これまで主として教育ツールないし研究実験ツールとして開発・活用され、発展してきた。ゲーミングを用いる研究の多くは、それぞれの問題にあわせて個別のゲーミングツールを新規に開発することが多く、ゲーミングの実施は高コストであった。また、開発コストを縮小することを目的として特定のモデルに基づくゲーミングを簡易に生成するシステムを用いるケースもみられる。これらは、記述できるモデルを

経営ゲームなど特定領域の問題のモデルのみに限定することで、簡易なゲーム生成を可能としている。本研究で開発したゲーミング環境は、マルチエージェントモデルを用いることで、人間と人間がインタラクションを行う問題を広く対象とできる点が特徴的である。

本環境で作成することができるゲーミングシミュレーション環境は、社会や経済のシミュレーションと組み合わせることで、人間の意志決定を分析するための参加型の実験を簡易に実施できる。また、その結果をエージェントモデルとしてシミュレータにフィードバックすることで、シミュレーションを洗練させていくことができる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

[1] 中島悠, 服部宏充. マルチエージェントシミュレーション統合のためのシミュレータアーキテクチャ. 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 11, pp. 2477-2484, 2012. (査読有)

<http://id.nii.ac.jp/1001/00087045/>

[2] 服部宏充, 石田亨, 中島悠. 参加型シミュレーション. システム制御情報学会誌「システム/制御/情報」, 『参加型アプローチの展開』特集号, Vol. 56, No. 2, pp. 84-89, 2012. (査読無)

<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009419544/>

[3] 中島悠. PRIMA 2011 会議報告. 人工知能学会誌 Vol. 27, No. 2, p. 217, 2012. (査読無)

<http://ci.nii.ac.jp/naid/10030430017/>

[4] Yuu Nakajima, Shohei Yamane, Hiromitsu Hattori. Multi-model based Simulation Platform for Urban Traffic Simulation. The 13th International Conference on Principles of Practice in Multi-Agent Systems (PRIMA-2010), Lecture Notes in Computer Science, Springer, LNCS 7057, pp. 228-241, 2012. (査読有)

<http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-25920-3>

[5] Yuu Nakajima, Hiromitsu Hattori. Simulator Integration Platform for City Simulations. The 14th International Conference on Principles of Practice in Multi-Agent Systems (PRIMA-2011), Lecture Notes in Computer Science, LNCS 7047, Springer, pp.484-495, 2011. (査読有)

<http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-25044-6>

[学会発表] (計 6 件)

[1] 中島悠. コミュニケーションデザインのための参加型シミュレーション環境. 第 12

回合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2013 (JAWS-2013), 和歌山, Sep. 18, 2013.

[2] 菱山玲子, 中島悠. マルチエージェントゲーミングによるインタラクションモデリング教育. 人工知能学会全国大会, 富山, Jun. 4, 2013.

[3] 中島悠, 菱山玲子, 林冬恵, 中口孝雄. 多言語コミュニケーション分析のためのゲーミング環境. 情報処理学会第 75 回全国大会, 仙台, Mar. 8, 2013.

[4] 中島悠, 菱山玲子, 林冬恵, ゲーミング環境を利用した多言語サービスマネジメント. 人工知能と知識処理研究会 (AI), 大阪, Feb. 18, 2013.

[5] 中島悠, 服部宏充. 都市シミュレーションのためのシミュレータ統合基盤. 第 10 回合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2011 (JAWS-2011), 熱海, Oct. 26, 2011.

[6] 服部宏充, 中島悠, 内藤栄一, 清野正樹, 中俊弥. マルチエージェントシミュレーションに基づく社会システムデザイン. 第 10 回合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2011 (JAWS-2011), 熱海, Oct. 26, 2011.

〔その他〕

ホームページ等

MAGCruise - Multi-agent Gaming System

<http://www.magcruise.org/jp/>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

中島 悠 (NAKAJIMA, Yuu)

東邦大学 理学部・講師

研究者番号 : 50554979